



⑬ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Übersetzung der
europäischen Patentschrift**

⑧⑦ **EP 0 472 371 B 1**

⑩ **DE 691 30 383 T 2**

⑤① Int. Cl.⁶:
G 02 B 5/28

- ②① Deutsches Aktenzeichen: 691 30 383.5
⑥⑤ Europäisches Aktenzeichen: 91 307 556.0
⑥⑥ Europäischer Anmeldetag: 15. 8. 91
⑧⑦ Erstveröffentlichung durch das EPA: 26. 2. 92
⑧⑦ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: 21. 10. 98
④⑦ Veröffentlichungstag im Patentblatt: 11. 3. 99

③⑩ Unionspriorität:

568419 16. 08. 90 US

⑦③ Patentinhaber:

Flex Products, Inc., Santa Rosa, Calif., US

⑦④ Vertreter:

Dr. A. v. Fünér, Dipl.-Ing. D. Ebbinghaus, Dr. Ing. D.
Finck, Dipl.-Ing. C. Hano, Patentanwälte, 81541
München

⑧④ Benannte Vertragsstaaten:

AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IT, LI, LU, NL, SE

⑦② Erfinder:

Coombs, Paul Graham, Santa Rosa, California
95405, US; Phillips, Roger W., Santa Rosa,
California 95405, US

⑤④ Optisch variable Interferenzvorrichtung mit Peakunterdrückung

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

DE 691 30 383 T 2

DE 691 30 383 T 2



FLEX PRODUCTS, INC.

EP 0 472 371
DEAB-65788.5
28. Mai 1998

Die Erfindung bezieht sich auf eine optisch veränderliche Interferenzvorrichtung mit Peakunterdrückung.

In den US-Patenten 4,705,300, 4,705,356 und 4,779,898 sind optisch veränderliche Dünnschichtvorrichtungen und ein Verfahren beschrieben, das eine begrenzte Auswahl sich optisch verändernder Farben in der Interferenzstrukturen bietet. Diese Farben entstehen durch ein Interferenzphänomen, das durch Kippen der Dünnschichtbeschichtung zum Verändern des effektiven Licht-Interferenzpfads zustandekommt. Diese Strukturen in Kombination mit Blockierungsfarben haben noch weitere Farben ermöglicht, indem eine Farbe subtrahiert wurde oder indem eine Farbe modifiziert wurde oder Farben mit höheren Winkeln blockiert wurden. Solche Lösungen bieten jedoch nur eine begrenzte Auswahl sich optisch verändernder Farben. Es besteht ein Bedarf nach zusätzlichen Farben, die in optisch veränderlichen Interferenzvorrichtungen oder optischen "Shiftern" der Dünnschichtkonstruktion verwendet werden können.

In der DE-A-716153 ist ein Interferenzfilter mit einem engen Durchlaßbereich beschrieben. Das Lichtfilter, das durch Interferenzphänomene filtert, weist mehrere übereinander angeordnete transparente Schichten auf, mit mindestens zwei durchscheinenden reflektierenden Metallschichten und mindestens einer nicht aus Metall bestehenden reflektierenden Zwischenschicht. Die äußersten reflektierenden Metallschichten können noch mit einer oder mehreren transparenten Außenschichten zum Vorsehen zusätzlicher Effekte oder zum Schutz beschichtet sein. Durch die Metallschichten hindurchgelassene und darauf vielfach reflektierte Strahlen interferieren miteinander, so daß einzelne Wellenlängen verstärkt und andere gedämpft werden. Diejenigen Wellenlängen, die am stärksten durch das Filter hindurchgelassen werden, werden am schwächsten reflektiert und umgekehrt. Durch die reflektierenden Metallschichten ist es möglich, Filter mit engen Durchlaßbe-

reichen herzustellen, bei denen die Durchlässigkeit auf beiden Seiten stark, fast auf Null, nachläßt.

Der Artikel "Research on Thin Film Anti-Counterfeiting Coatings at the National Research Council of Canada"), ("Forschung über fälschungssichere Dünnschichtbeschichtungen am National Research Council of Canada"), veröffentlicht in Applied Optics, Bd. 28, Nr. 14 vom 15. Juli 1989 beschreibt Dünnschicht-Sicherheitsvorrichtungen (TFSDs) in der Form optischer Dünnschichtfilme die permanent auf einem Gegenstand angebracht sind, um dessen Fälschung zu verhindern. Es ist möglich, Vielschichtstrukturen herzustellen, deren Farbe sich merklich verändert, wenn sie in reflektiertem Licht aus unterschiedlichen Winkeln betrachtet werden. Typische Systeme bestehen aus einem undurchsichtigen, höchst reflektierenden Metallfilm, einer Abstandsschicht mit niedrigem Brechungsindex, einem teilweise reflektierenden transparenten Metallfilm mittleren Reflexionsvermögens und einer weiteren Anti-Reflexions-Schicht mit niedrigem Brechungsindex. Das spektrale Reflexionsvermögen einer solchen Multi-Beschichtung ist niedrig, außer in der Nachbarschaft des Reflexionspeaks. Die Form und Leistung des Filters können dadurch verbessert werden, daß eine weitere Abstandsschicht und eine teilweise transparente Metallschicht zum System hinzukommen. Wenn Materialien mit niedrigem Brechungsindex für die Abstandsschichten verwendet werden, ist die Farbveränderung mit dem Blickwinkel abrupt.

Erfindungsgemäß ist eine optisch veränderliche Interferenzvorrichtung nach Anspruch 1 vorgesehen.

Zum Beispiel kann der Reflektor aus einem im wesentlichen undurchsichtigen Metall gefertigt sein.

Bei einer weiteren Anordnung haben der erstgenannte und der zusätzliche Dünnschicht-Vielschicht-Interferenz-Stapel jeweils drei Perioden.

Bei noch einer anderen Anordnung können der erstgenannte und der zusätzliche Dünnschicht-Vielschicht-Interferenz-Stapel vier Perioden haben.

Bei allen obigen Anordnungen kann der Dünnfilm-Viel-schicht-Interferenz-Stapel eine Konstruktion haben, die einen Peak im sichtbaren Bereich des Spektrums unterdrückt.

Bei einer weiteren Anordnung kann der Dünnfilm-Viel-schicht-Interferenz-Stapel eine Konstruktion haben, die mehr als einen Peak im sichtbaren Bereich des Spektrums unterdrückt.

Bei noch einer weiteren Anordnung kann der Dünnfilm-Viel-schicht-Interferenz-Stapel eine Konstruktion haben, die mindestens einen Peak im ultravioletten Bereich des Spektrums unterdrückt:

Es folgt eine Beschreibung einiger bevorzugter Ausführungsformen der Erfindung, die im einzelnen anhand der Zeichnungen erfolgt. Es zeigt:

- Fig. 1 einen Schnitt durch eine asymmetrische Konstruktion einer optisch veränderlichen Interferenzvorrichtung mit periodischer Peak-Unterdrückung,
- Fig. 2 einen Schnitt durch eine erfindungsgemäße symmetrische Konstruktion einer optisch veränderlichen Interferenzvorrichtung mit periodischer Peak-Unterdrückung,
- Fig. 3 eine Kurvendarstellung für eine optisch veränderliche Interferenzvorrichtung von rot nach grün,
- Fig. 4 eine Kurvendarstellung zum Vergleich einer optisch veränderlichen Interferenzvorrichtung von rot nach grün und einer von magenta nach grün,
- Fig. 5 eine Kurvendarstellung ähnlich Fig. 4, in der jedoch das Reflexionvermögen nach Wellenzahl und nicht nach Wellenlänge angegeben ist,
- Fig. 6 eine Kurvendarstellung, die eine optisch veränderliche Interferenzvorrichtung von blau nach schwarz zeigt,
- Fig. 7 eine Kurvendarstellung, die eine optisch veränderliche Interferenzvorrichtung von grau nach rot zeigt,
- Fig. 8 eine Kurvendarstellung, die eine bekannte optisch veränderliche Interferenzvorrichtung von grün nach blau zeigt,



Fig. 9 eine Kurvendarstellung, die eine optisch veränderliche Interferenzvorrichtung von blau nach grün mit Unterdrückung zeigt,

Fig. 10 eine Kurvendarstellung mit Kurven für Konstruktionen mit einer, zwei, drei und vier Perioden.

Allgemein ist die erfindungsgemäße optisch veränderliche Interferenzvorrichtung mit Peak-Unterdrückung auf einem Substrat mit einer ersten und einer zweiten Oberfläche angeordnet. Eine auf der ersten Oberfläche angeordnete Dünnschicht-Vielschicht-Interferenzbeschichtung weist eine reflektierende Metallschicht mit einer Oberfläche auf, und mindestens zwei auf der Oberfläche der reflektierenden Metallschicht gebildeten Perioden, wobei jede Periode eine Metall-Absorptionsschicht und eine dielektrische Abstandsschicht aufweist. Die Interferenzbeschichtung dient zum Unterdrücken mindestens eines Peaks in der Reflektanzkurve der Interferenzbeschichtung.

Wie insbesondere in Fig. 1 gezeigt, ist die optisch veränderliche Interferenzvorrichtung 11 auf einem Substrat 12 angeordnet. Das Substrat 12 kann aus einem geeigneten Material sein, wie zum Beispiel aus einem flexiblen Flies, aus einem geeigneten Plastik wie zum Beispiel PET und mit einer geeigneten Dicke wie zum Beispiel zwischen zwei und sieben Mil ($1 \text{ Mil} = 25,3 \times 10^{-3} \text{ mm}$). Die optisch veränderliche Interferenzvorrichtung 11 ist in der Form eines Vielschicht-Dünnschichtstapels, der eine Reflektorschicht 16 aufweist mit Oberflächen 17 und 18 mit auf einer der Oberflächen, wie zum Beispiel der Oberfläche 17, angeordneten mindestens zwei Perioden zur Herstellung einer asymmetrischen Vorrichtung. Jede der Perioden wird auf einer Metall-Absorptionsschicht und einer dielektrischen Abstandsschicht gebildet. Zum Bilden des Dünnschicht-Interferenzstapels 11 auf dem Substrat zum Herstellen der asymmetrischen optisch veränderlichen Interferenzvorrichtung 11 werden die die Perioden bildenden Filmschichten in umgekehrter Reihenfolge auf der Oberfläche 13 des Substrats 12 abgeschieden. So wird also die Absorptionsschicht 1 zuerst auf der Oberfläche 13 des Substrats 12 abgeschieden, gefolgt von einer dielektrischen

Abstandsschicht 1, die mit 22 bezeichnet ist, zum Herstellen der ersten Periode, danach folgt eine Absorptionsschicht 2, die als Schicht 23 bezeichnet ist, und eine dielektrische Abstandsschicht 2, die mit 24 bezeichnet ist, für die zweite Periode, wonach darauf eine Reflektorschicht 16 abgeschieden wird. Es ist also zu sehen, daß ein Zweiperioden-Interferenzstapel mit zwei dielektrischen Abstandsschichten und zwei Absorptionsschichten in alternierender Reihenfolge vorgesehen ist.

Es hat sich herausgestellt, daß zum Erzielen der besten Farbe in einem Zweiperioden-Vielschicht-Interferenzstapel die äußere Absorptionsschicht 1 zwischen einem Drittel und der Hälfte der Dicke der innersten Absorptionsschicht haben sollte. Die besten Ergebnisse ließen sich bei Absorptionsschichten aus Chrom, Nickel, Palladium usw. erzielen. Die erwünschten Eigenschaften des grauen Metalls sind im US-Patent Nr. 4,705,356 beschrieben.

Die Reflektorschicht 16 sollte aus einem höchst reflektierenden Material wie zum Beispiel Silber oder Aluminium sein. Niedrig reflektierende Materialien wie zum Beispiel Chrom, Nickel und Palladium können jedoch auch verwendet werden. Sogar Kupfer und Gold können verwendet werden, sie sind aber nicht so günstig, da sie hoch dispersiv sind, ihr Reflexionsvermögen am blauen Ende des Spektrums nicht so groß ist und sie daher die Farbe verzerren und das Vermögen, Peaks zu unterdrücken, einschränken, wie das im Folgenden anhand der Erfindung noch beschrieben wird. Die Reflektorschicht 16 sollte so dick sein, daß sie im wesentlichen undurchsichtig ist. Bei Aluminium heißt das zum Beispiel, daß das Aluminium ungefähr 400 Å dick sein sollte, jedoch gegebenenfalls auch bis zu 1.000 Å dick sein kann. Die zusätzliche Dicke trägt jedoch nichts zur Leistungsfähigkeit der Interferenzvorrichtung bei und erhöht nur die Kosten. Es gibt natürlich auch Anwendungsgebiete der vorliegenden Erfindung, bei denen eine halbtransparente Reflexionsschicht 16 vorgesehen werden kann.

Zum Ermöglichen der Ablösung der optisch veränderlichen Interferenzvorrichtung 11 vom Substrat 12 kann es wünschens-

wert sein, vor dem Abscheiden der den dielektrischen Stapel bildenden Schichten eine Ablösebeschichtung auf das Substrat 12 abzuscheiden. Der Vielschicht-Interferenzstapel 11 kann in herkömmlicher Weise unter Verwendung einer herkömmlichen Vakuumkammer abgeschieden werden. Die Absorptionsschicht 21 wird zuerst auf der Oberfläche 13 abgeschieden, sie ist aus Chrom oder aus einem anderen geeigneten grauen Metall und hat eine Dicke zwischen 20 und 150 Å und typischerweise ungefähr 35 Å. Die dielektrische Schicht 22 wird auf der Absorptionsschicht 21 mit einer optischen Dicke von zwei Viertelwellen bei einer Konstruktionswellenlänge von zwischen 400 nm und 1500 nm, je nach der erwünschten Farbe, abgeschieden. Diese Abstandsschicht wird aus einem geeigneten Material mit niedrigem Brechungsindex, wie zum Beispiel aus Magnesiumfluorid (MgF_2) oder Siliziumoxid (SiO_2) gefertigt, wobei zur Erzielung guter Ergebnisse der Brechungsindex N geringer oder gleich 1,65 ist. Die Absorptionsschicht 23 wird dann auf eine Dicke von ungefähr 100 Å und aus dem gleichen Material wie die Absorptionsschicht 21 abgelagert. Danach folgt eine Abstandsschicht 24, die die gleiche Dicke bekommt und aus dem gleichen Material ist wie die Abstandsschicht 22. Nach dem Abscheiden der beiden Perioden wird die Reflektorschicht 16 auf der dielektrischen Abstandsschicht 24 mit einer Dicke abgeschieden, die, wie oben beschrieben, im wesentlichen undurchsichtig ist.

Es sind zwar nur zwei Perioden für den Vielschicht-Interferenzstapel beschrieben worden, doch können zum Erzielen unterschiedlicher Ergebnisse auch noch zusätzliche Perioden aus dem gleichen Material und mit den gleichen Dicken wie die zuvor beschriebenen Perioden gebildet werden, wie aus den Figuren 3 bis 10 ersichtlich ist.

Da die in Fig. 1 dargestellte optisch veränderliche Interferenzvorrichtung 11 asymmetrisch ist, ist es am besten, nur eine Oberfläche der Vorrichtung zu betrachten. Dies trifft für viele Verwendungsbereiche zu, wie zum Beispiel beim Heiß-Folien-Stempeln. Dabei wird ein geeigneter Kleber auf die Oberfläche 18 der Reflektorschicht 16 der Vorrichtung aufge-

tragen, wenn die Vorrichtung auf eine neue Oberfläche übertragen wird, wodurch die Oberfläche 26 der Absorptionsschicht 21 freigelegt wird, wenn der Vielschicht-Interferenzstapel 11 vom Substrat 12 gelöst wird. Dadurch werden die optisch veränderlichen Stapel von der Richtung der Oberfläche 26 sichtbar.

In Fig. 1 ist zwar eine asymmetrische Vorrichtung gezeigt, doch können, wie in Fig. 2 gezeigt, ganz einfach auch symmetrische Vorrichtungen hergestellt werden. Solche symmetrischen Konstruktionen sind dann besonders wünschenswert, wenn die Dünnschicht-Vielschicht-Interferenzvorrichtung in Flokken aufgebrochen werden, die in Pigmente eingebunden werden. Bei einer solchen Verwendung ist es ganz besonders wünschenswert, wenn eine Vielschicht-Interferenzbeschichtung auf jeder Seite des Reflektors ist. Eine symmetrische optisch veränderliche Interferenzvorrichtung 29 ist in Fig. 2 gezeigt und auf einem Substrat 31 mit einer Oberfläche 31 angeordnet. Das Substrat 31 kann vom gleichen Typ wie das Substrat 12 sein. Die optisch veränderliche Interferenzvorrichtung 29 weist einen Reflektor 36 mit Oberflächen 37 und 38 auf, wobei symmetrische Vielschicht-Interferenzstapel auf beiden Oberflächen 37 und 38 vorgesehen sind, wobei jeder Stapel aus mindestens zwei Perioden und jede Periode aus einer Metall-Absorptionsschicht und einer dielektrischen Abstandsschicht besteht. Zur Vereinfachung der Herstellung der optisch veränderlichen Interferenzvorrichtung 29 kann sie auf herkömmliche Weise in einer herkömmlichen Vakuumkammer hergestellt werden. Wie im Zusammenhang mit Fig. 1 beschrieben, kann die Oberfläche 32 des Substrats 31 eine Ablöseschicht zum Erleichtern des Loslösen der optisch veränderlichen Vorrichtung vom Substrat 31 aufweisen.

Wenn die in Fig. 1 dargestellte optisch veränderliche Vorrichtung aus der Richtung des Substrats 12 betrachtet wird, erscheint die Vorrichtung gefärbt, angenommen, das Substrat 12 ist klar und im wesentlichen gefärbt. Wenn sie jedoch aus der Richtung der Oberfläche 26 betrachtet würde, hätte die Vor-

richtung die gleichmäßige Reflexion der Reflektorschicht 16 und hätte keine Farbe.

Die Absorptionsschicht 41 wird zuerst auf die Oberfläche 32 abgeschieden und danach die dielektrische Abstandsschicht 42, die Absorptionsschicht 43 und die Abstandsschicht 44. Danach wird die Reflektorschicht 36 auf die dielektrische Abstandsschicht 44 abgeschieden. Die Reflektorschicht wird gefolgt von der dielektrischen Abstandsschicht 46, der Absorptionsschicht 47, einer dielektrischen Abstandsschicht 48 und einer Absorptionsschicht 49 zum Vorsehen einer optisch veränderlichen Interferenzvorrichtung, bei der aus zwei Perioden aus einer Metall- und einer dielektrischen Schicht bestehende Stapel auf sich gegenüberliegenden Oberflächen 37 und 38 der Reflektorschicht 36 zum Vorsehen von Oberflächen 51 auf der Absorptionsschicht 49 und der Oberflächenschicht 52 auf der Absorptionsschicht 41 angeordnet sind. Wie zuvor erwähnt, können gegebenenfalls, auch wenn nur zwei Perioden für den Vielschicht-Interferenzstapel auf jeder Seite des Reflektors 36 gezeigt wurden, noch zusätzliche Perioden vorgesehen werden. Die Absorptionsschichten und die dielektrischen Abstandsschichten können aus dem gleichen Material und mit der gleichen Dicke gefertigt werden, wie das für die in Fig. 1 dargestellte optisch veränderliche Interferenzvorrichtung beschrieben wurde. Durch ein Abscheiden der Schichten in der in Fig. 2 gezeigten Weise ist ersichtlich, daß bei einem Ablösen der Vorrichtung 29 vom Substrat 31 die Vorrichtung 29 auseinandergebrochen und in Flocken verarbeitet werden kann, die durch die auf beiden Seiten des Reflektors 36 vorhandenen Schichten symmetrisch sind und aus den gleichen Materialien und mit der gleichen Dicke gebildet werden, so daß die gleichen Interferenzstapel zum Beschichten beider Seiten des undurchsichtigen Reflektors 36 vorgesehen werden.

Zum Beispiel kann erfindungsgemäß, wie im folgenden erläutert, eine optisch veränderliche Rot-Grün-Interferenzvorrichtung oder ein "Shifter" 11 oder 29 vorgesehen werden, indem dielektrische Schichten oder Abstandsschichten mit einer Dicke von zwei Viertelwellen mit einer Konstruktionswellenlän-

ge von zum Beispiel 595 nm verwendet werden. Zum Herstellen einer optisch veränderlichen Grau-Rot-Interferenzvorrichtung oder eines "Shifters" 11 oder 29 haben die dielektrischen Schichten eine Dicke von zwei Viertelwellen bei 750 nm. Zum Herstellen einer Blau-Rot-Vorrichtung oder eines Shifters haben die dielektrischen Schichten eine Dicke von zwei Viertelwellen bei ungefähr 800 bis 850 nm.

Fig. 3 ist eine Kurvendarstellung, die neue Farben zeigt, die mit der erfindungsgemäßen neuen optisch veränderlichen Interferenzvorrichtung erreicht werden können. Eine Rot-Grün-Farbverschiebung ist in Fig. 3 gezeigt, bei der die Kurve 56 die Zwei-Perioden-Konstruktion von Fig. 1 repräsentiert, bei der bei einem Blickwinkel von 0° eine rote Farbe zu sehen ist, und bei der durch die gestrichelte Kurve 57 ein Blickwinkel von 45° dargestellt ist, aus dem eine grüne Farbe zu sehen ist. Es ist ersichtlich, daß bei 56a und 57a sehr intensive Reflexionspeaks entstehen. Bei einer Verwendung von Aluminium als Reflektorschicht 16 oder 36 kann dabei eine Reflexion von nahe 90% erreicht werden. Die Kurve von Fig. 3 zeigt außerdem, daß im blauen Bereich, dem Bereich zwischen 400 und 450 nm kein Reflexionspeak ist. Die Kurvendarstellung von Fig. 3 zeigt daher, daß die blaue Farbe unterdrückt wurde. Ohne die zusätzliche Periode ist durch eine Konstruktion mit einer Periode eine Magenta-Grün-Farbverschiebung zu erreichen und nicht eine Farbverschiebung von rot nach grün wie durch eine Zwei-Perioden-Konstruktion.

Auch wenn die in Fig. 3 gezeigten Kurven computergenerierte Daten repräsentieren, hat es sich herausgestellt, daß zwischen den computergenerierten Kurven und den mit erfindungsgemäß hergestellten echten Folien und Pigmenten erzielten Kurven ein hoher Grad der Übereinstimmung besteht. Es entstehen also sehr gesättigte Hochreflexionspeaks und gleichzeitig ein niedriges Reflexionsvermögen dazwischen, wodurch eine Unterdrückung der Farbe zwischen den Farbpeaks angezeigt wird.

Fig. 4 ist eine Kurvendarstellung, bei der die Rot-Grün-Farbverschiebung, die mit der in Fig. 1 und 2 gezeigten Zwei-Perioden-Konstruktion erreicht werden kann, mit derjenigen

verglichen wird, die mit der bekannten Einzelperiodenkonstruktion erreicht wird. Die durchgezogene Kurve 61 repräsentiert also eine Einzelperiodenkonstruktion ohne Farbumterdrückung, während die gestrichelte Kurve 62 eine Zwei-Perioden-Konstruktion mit alternierender oder periodischer Peakunterdrückung repräsentiert. Es ist also zu sehen, daß eine alternierende Peakunterdrückung bei 62a, 62b und 62c vorgesehen wurde. Die Unterdrückung bei $1,3 \mu\text{m}$, bei $0,38 \mu\text{m}$ oder 380 nm und bei $0,25 \mu\text{m}$ oder 250 nm .

Fig. 5 ist eine weitere Kurvendarstellung, die die gleichen Kurven, wie sie in Fig. 4 dargestellt sind, zeigt, jedoch in Wellenzahl-Zentimetern (cm^{-1}) und nicht in Wellenlängen-Nanometern. Bei den Fachleuten in diesem Gebiet ist die Wellenlänge als 10.000 geteilt durch die Wellenzahl definiert. Durch Anzeichnen der Reflexionskurven in Abhängigkeit von der Wellenzahl, wie in Fig. 5 gezeigt, ist ersichtlich, daß die Peaks einen in Wellenzahl gemessenen gleichen Abstand haben, wodurch der erfindungsgemäß entstehende Effekt der Peakunterdrückung viel besser gesehen werden kann. Die Kurve 64 entspricht daher der Kurve 61 und die gestrichelte Kurve 66 der Kurve 62. In Fig. 5 ist daher zu sehen, daß Peaks bei 66a, 66b und 66c unterdrückt sind, d.h. bei $1,3 \mu\text{m}$, was ungefähr 7692 cm^{-1} entspricht. Der Peak wird auch bei ungefähr 26.000 cm^{-1} unterdrückt, was auf der anderen Kurve 62 dem Peak bei ungefähr 380 nm entspricht. Ein weiterer Peak wird bei 66c bei ungefähr 40.000 cm^{-1} unterdrückt, was auf der Kurve 62 in Fig. 4 bei $0,25 \mu\text{m}$ bei 62c fast gar nicht zu sehen ist. Die periodische Unterdrückung von Farben durch das Reflexionsvermögen in Wellenzahlen darzustellen ist daher offensichtlich viel anschaulicher.

Fig. 6 ist eine weitere Kurvendarstellung, der durch die erfindungsgemäße Zwei-Perioden-Konstruktion ermöglicht wird und unter Verwendung der bekannten Einzel-Perioden-Konstruktion nicht möglich ist. Es entsteht dabei eine Farbverschiebung von blau nach schwarz. Die durchgezogene Kurve 68 repräsentiert die reflektierte Farbe bei einem normalen Blickwinkel von 0° und die gestrichelte Kurve 69 die reflektierte

Farbe bei 45° . Die reflektierte Farbe bei 0° ist blau und die reflektierte Farbe bei 45° "schwarz", d.h. ultraviolett.

Fig. 7 ist eine Kurvendarstellung, die eine weitere Farbverschiebung, von grau nach rot, zeigt. Die durchgezogene Kurve 71 zeigt das Reflexionsvermögen bei 0° und die gestrichelte Kurve 72 das Reflexionsvermögen bei 45° . Der Peak 71a ganz rechts auf der 0° -Kurve 71 bei 780 nm zeigt eine graue Farbe, während der Peak 72a ganz rechts auf der Kurve 72 bei ungefähr 650 nm eine rote Farbe zeigt. Es entsteht daher eine Farbverschiebung von einem grauen Effekt zu einer im wesentlichen roten Farbe bei einer Änderung des Winkels von 0° nach 45° .

Fig. 8 ist eine Kurvendarstellung für einen bekannten Grün-Blau-Farbshifter mit einer Einzel-Perioden-Konstruktion. Die durchgezogene Kurve 76 und die gestrichelte Kurve 77 zeigen das Reflexionsvermögen bei 0° bzw. bei 45° . Die Peaks 76a und 77a der Kurven 76 und 77 sind ganz links auf der Kurve, die über das sichtbare Spektrum geht, bei ungefähr 0,4 bis 0,7 μm und zeigen die Farbverschiebung von grün nach blau bei einer Bewegung von 0° nach 45° . Beim Verändern des Blickwinkels von 0° nach 45° bewegt sich der Peak bei 1,1 μm (Peak 76b) nach 0,95 μm (Peak 77b).

Fig. 9 ist eine Kurvendarstellung für einen Grün-Blau-Farbshifter unter Verwendung der erfindungsgemäßen Periodenkonstruktion. Die durchgezogene Kurve 81 und die gestrichelte Kurve 82 stehen für die Reflexion bei 0° bzw. bei 45° . Es ist zu sehen, daß die Peaks im Bereich zwischen 400 und 700 nm, die die Farbverschiebung von blau nach grün ergeben, bleiben, während die in Fig. 8 gezeigte Reflexionskurve im Infraroten, wie in Fig. 9 gezeigt, unterdrückt wurde, so daß im nahen Infrarotbereich keine wesentliche Reflexion entsteht.

Die in Fig. 8 und 9 gezeigten Konstruktionen ergeben zwar beide eine Farbverschiebung von grün nach blau, doch können beide Konstruktionen auch zusammen verwendet werden, wodurch neuartige Effekte erzielt werden können. Eine Hälfte des Musters könnte zum Beispiel aus einem Einzel-Perioden-Grün-Blau-Shifter des in Fig. 8 gezeigten Typs bestehen, während

die andere Hälfte des Musters ein Zwei-Perioden-Grün-Blau-Shifter, wie er in Fig. 9 gezeigt ist, sein. Dem unbewehrten menschlichen Auge würden beide Shifter gleich erscheinen, wenn beide Muster jedoch in Infrarotlicht untersucht würden, wären die durch die beiden Farbshifter verursachten Unterschiede leicht zu erkennen, und sie wären auch maschinenlesbar. Das Muster könnte zum Beispiel eine kodierte Nachricht oder ein einfacher Barcode sein, was ein zusätzliches Echtheitszeichen im Infrarotbereich wäre, das zum Echtheitszeichen des Grün-Blau-Shifters im sichtbaren Bereich noch dazukäme.

Erfindungsgemäß hat sich herausgestellt, daß zusätzliche Effekte dadurch erzeugt werden können, daß zusätzliche Perioden verwendet werden. In Fig. 10 sind daher Kurven eingezeichnet für Konstruktionen mit eins bis vier Perioden, wobei die Einzel-Perioden-Kurve mit 86 und die Doppel- oder Zwei-Perioden-Kurve mit 87 bezeichnet ist. Die Drei-Perioden-Kurve ist mit 88 und die Vier-Perioden-Kurve mit 89 bezeichnet. Die Reflexions-Kurven 86, 87, 88 und 89 sind in Wellenzahlen (cm^{-1}) dargestellt. Die Kurve 86 im Bereich von Wellenzahl 100 bis 100.000 bei der 0° -Reflexion für eine Einzel-Perioden-Konstruktion ohne Unterdrückung zeigt insgesamt sechzehn Peaks, ausgenommen den Peak ganz rechts, der nach oben geht und dort bleibt. Die Kurve 87 repräsentiert eine Doppel- oder Zwei-Perioden-Konstruktion, und unterdrückt offensichtlich jeden zweiten Peak, so daß nur acht Peaks übrigbleiben. Wenn drei Perioden verwendet werden, wie durch Kurve 88 gezeigt ist, so werden drei von jeweils vier Peaks unterdrückt, so daß nur vier Peaks übrig sind. Die Kurve 89 für die Vier-Perioden-Konstruktion zeigt, daß sieben von jeweils acht Peaks unterdrückt werden, so daß nur zwei Peaks in der Kurvendarstellung von Fig. 10 übrigbleiben.

Aus dem Obigen ist ersichtlich, daß bei der Verwendung von zwei Dielektrik-Absorber-Paaren eine Wellenlänge oder Farbe unterdrückt wird. Außerdem ist zu sehen, daß, je mehr Perioden hinzugefügt werden, desto mehr Farben unterdrückt werden, so daß ein größerer unterdrückter Bereich zwischen den Reflexions-Peaks entsteht. Mit einem Verbreitern des Unter-

drückungsbereichs haben dann die verbleibenden Peaks eine leicht geringere Farbenreinheit, und die Intensität kann geringer sein. Durch die Verwendung zusätzlicher Perioden können also zusätzliche Farben erzielt werden, indem ein breiterer Unterdrückungsbereich geschaffen wird. Zum Beispiel sollten Verschiebungen von schwarz nach rot und von schwarz nach gold möglich sein. Mit der vorliegenden Konstruktion ist es möglich, im Infraroten erscheinende Peaks zu unterdrücken.

Beim Untersuchen der Breiten der Kurven 86, 87, 88 und 89 in Fig. 10 ist zu sehen, daß die Reflexionspeaks mit Zunahme der Anzahl der Perioden leicht breiter werden. Ein Peak bei einer Drei-Perioden-Konstruktion ist daher etwas breiter als ein Peak für die Zwei-Perioden-Konstruktion. In ähnlicher Weise hat die Vier-Perioden-Konstruktion einen Peak mit einer Breite die größer ist als die des Peaks bei einer Drei-Perioden-Konstruktion. Wenn die Peaks breiter werden, dann läßt auch die Farbreinheit etwas nach.

Es scheint kein besonderer Vorteil zu erwachsen, wenn mehr als vier Perioden vorgesehen werden. Die zusätzlichen Perioden verringern nur die Farbreinheit und erhöhen die Kosten für das Abscheiden der zusätzlichen Perioden.

Allgemein ist ersichtlich, daß es erfindungsgemäß durch das Verwenden von zwei oder mehr oder auch vielfacher Perioden möglich ist, Peaks in einer Welle zu unterdrücken, um andere Farbverschiebungseffekte zu erzielen als diejenigen, die durch eine Einzel-Perioden-Konstruktion möglich sind. Außerdem können zusätzliche Eigenschaften vorgesehen werden, die zusätzliche Sicherheitsmerkmale ermöglichen.

Patentansprüche

1. Optisch veränderliche Interferenzvorrichtung (11), mit einem Reflektor (16, 36) mit einer ersten und einer zweiten Oberfläche (17, 18, 37, 38), und einem auf der ersten Oberfläche (17, 37) angeordneten Dünnschicht-Vielschicht-Interferenzstapel, wobei der Interferenzstapel aus mindestens zwei Perioden zusammengesetzt ist, wobei jede Periode eine Metall-Absorptionsschicht (21, 23, 41, 43) und eine dielektrische Abstandsschicht (22, 24, 42, 44) aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß die Metall-Absorptionsschicht in einer der mindestens zwei Perioden eine andere Dicke hat als die Metall-Absorptionsschicht in der anderen der mindestens zwei Perioden, so daß der Reflektor mit den mindestens zwei Perioden des Interferenzstapels derart in Wechselwirkung tritt, daß eine Peakunterdrückung in der Vorrichtung aufgrund von Interferenzeffekten in der Vorrichtung selbst bewirkt wird; und dadurch, daß ein zusätzlicher Dünnschicht-Vielschicht-Interferenzstapel auf der zweiten Oberfläche (38) des Reflektors (36) angeordnet ist, wobei der zusätzliche Dünnschicht-Vielschicht-Interferenzstapel die gleiche Anzahl von Schichten (46 bis 49) aufweist und aus den gleichen Materialien mit den gleichen Dicken zusammengesetzt ist wie die entsprechenden Schichten des zuerst genannten Dünnschicht-Vielschicht-Interferenzstapels.

2. Interferenzvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Reflektor (16) aus einem im wesentlichen undurchsichtigen Material gebildet ist.

3. Interferenzvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der zuerst genannte und der zusätzliche Dünnschicht-Vielschicht-Interferenzstapel jeweils aus drei Perioden zusammengesetzt sind.

4. Interferenzvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der zuerst genannte und der zusätzliche Dünnfilm-Vielschicht-Interferenzstapel jeweils aus vier Perioden zusammengesetzt sind.

5. Interferenzvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Dünnfilm-Vielschicht-Interferenzstapel so konstruiert ist, daß ein Peak im sichtbaren Bereich des Spektrums unterdrückt wird.

6. Interferenzvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Dünnfilm-Vielschicht-Interferenzstapel so konstruiert ist, daß mehr als ein Peak im sichtbaren Bereich des Spektrums unterdrückt wird.

7. Interferenzvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Dünnfilm-Vielschicht-Interferenzstapel so konstruiert ist, daß mindestens ein Peak im ultravioletten Bereich des Spektrums unterdrückt wird.

8. Interferenzvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Dünnfilm-Vielschicht-Interferenzstapel so konstruiert ist, daß ein Peak mit der Wellenzahl von ungefähr $40.000 \text{ (cm}^{-1}\text{)}$ unterdrückt wird.

9. Interferenzvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Dünnfilm-Vielschicht-Interferenzstapel so konstruiert ist, daß mindestens ein Peak im infraroten Bereich des Spektrums unterdrückt wird.

10. Interferenzvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Metall-Absorptionsschichten (21, 23, 41, 43, 47, 49) eine Dicke haben, die zwischen 20 \AA und 150 \AA liegt.

11. Interferenzvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, zusammen mit einem Substrat, dadurch gekennzeichnet, daß eine

Oberfläche (52) des Dünnschicht-Vielschicht-Interferenzstapels an dem Substrat (31) befestigt ist.

12. Interferenzvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Reflektor (36) halbdurchsichtig ist.

13. Interferenzvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die dielektrische Schicht eine optische Dicke von ungefähr zwei Viertelwellen und eine Konstruktionswellenlänge im Bereich zwischen 400 und 1500 nm hat.

14. Interferenzvorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die dielektrischen Schichten (42, 44) in den beiden Perioden aus den gleichen Materialien zusammengesetzt sind und die gleichen Dicken haben und daß die Absorptionsschichten (41, 43) der beiden Perioden aus den gleichen Materialien sind, wobei eine Absorptionsschicht eine Dicke hat, die zwischen einem Drittel und der Hälfte der Dicke der anderen Absorptionsschicht beträgt.

15. Interferenzvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Dünnschicht-Vielschicht-Interferenzstapel so konstruiert ist, daß er eine Farbverschiebung von rot nach grün verursacht..

16. Interferenzvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Dünnschicht-Vielschicht-Interferenzstapel so konstruiert ist, daß er eine Farbverschiebung von blau nach schwarz verursacht.

17. Interferenzvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Dünnschicht-Vielschicht-Interferenzstapel so konstruiert ist, daß er eine Farbverschiebung von grau nach rot verursacht.

28.05.98

- 17 -

18. Interferenzvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Dünnfilm-Vielschicht-Interferenzstapel so konstruiert ist, daß er eine Farbverschiebung von blau nach rot verursacht.

19. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zwei ein einzelnes Paar bildende, jeweils eine Absorptionsschicht und eine dielektrische Schicht aufweisende Vielschicht-Interferenzstapel zusammen miteinander auf der ersten Oberfläche des Reflektors angeordnet sind.

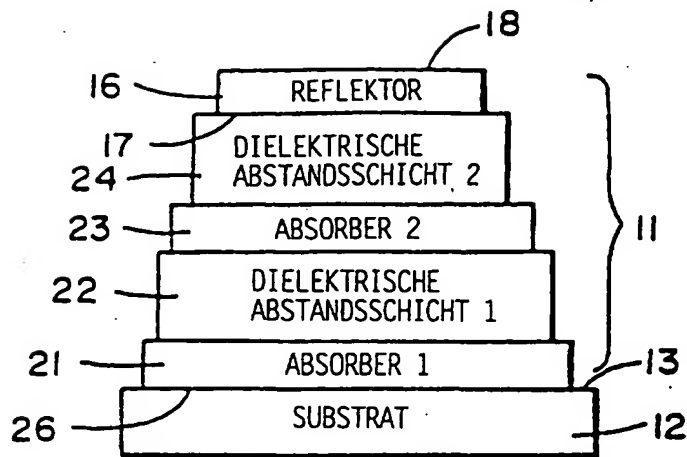


FIG. 1

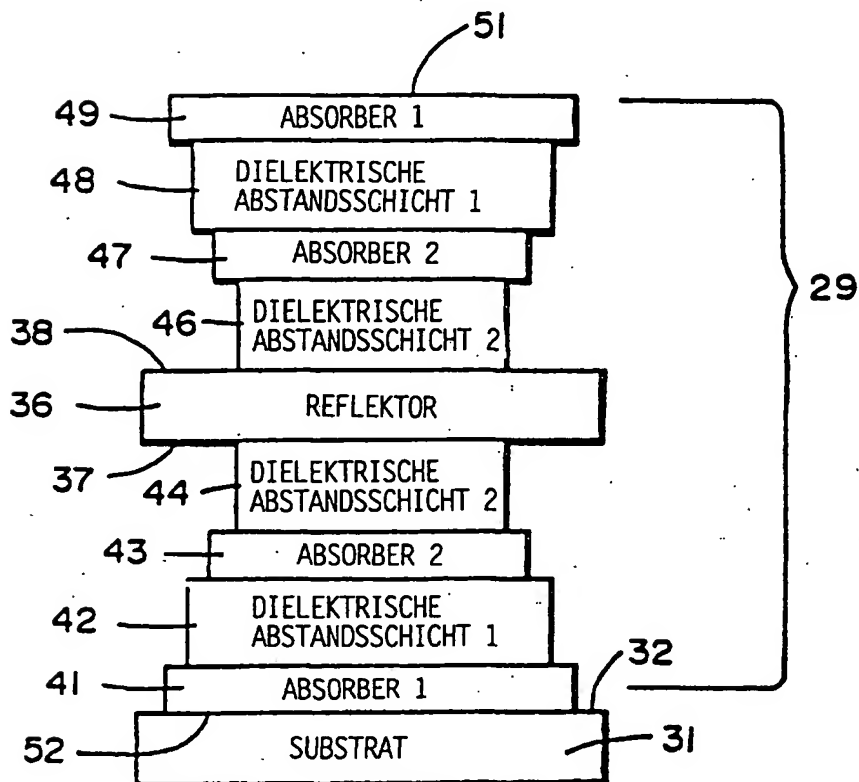


FIG. 2

ROT - GRÜN

2/6

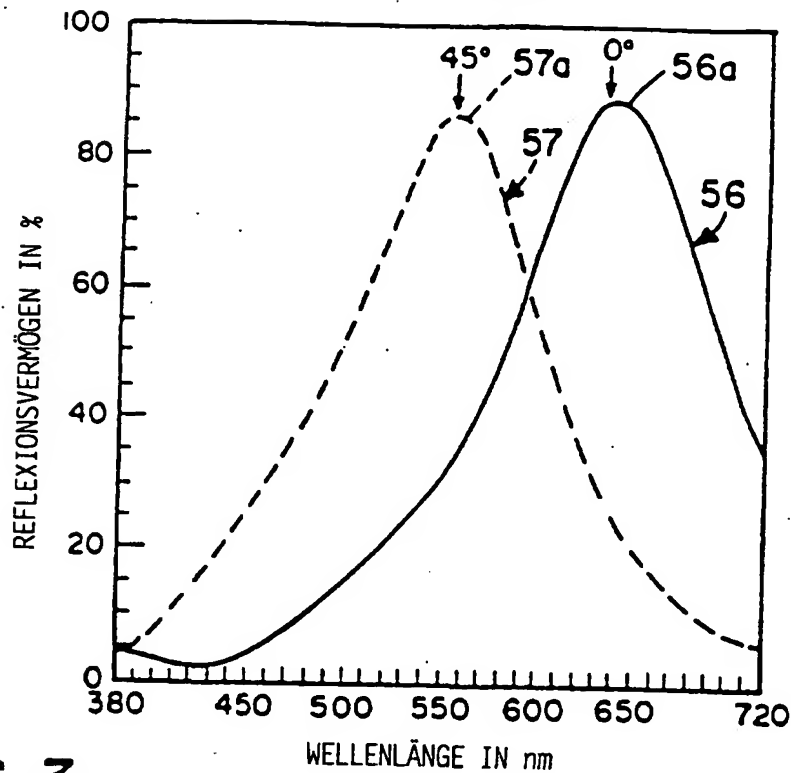


FIG. 3

ROT - GRÜN GEGENÜBER MAGENTA - GRÜN

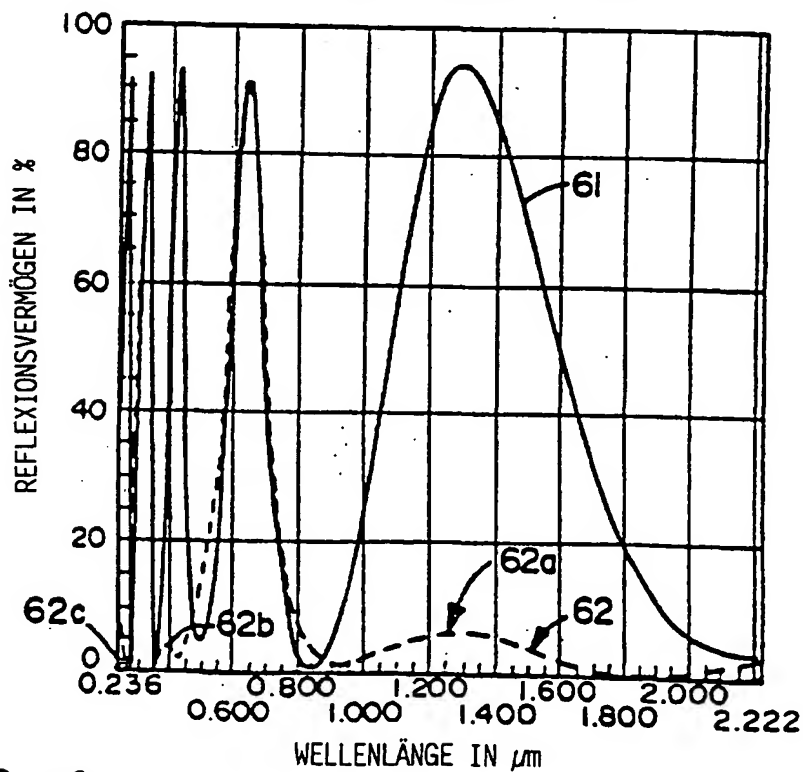


FIG. 4

3/6

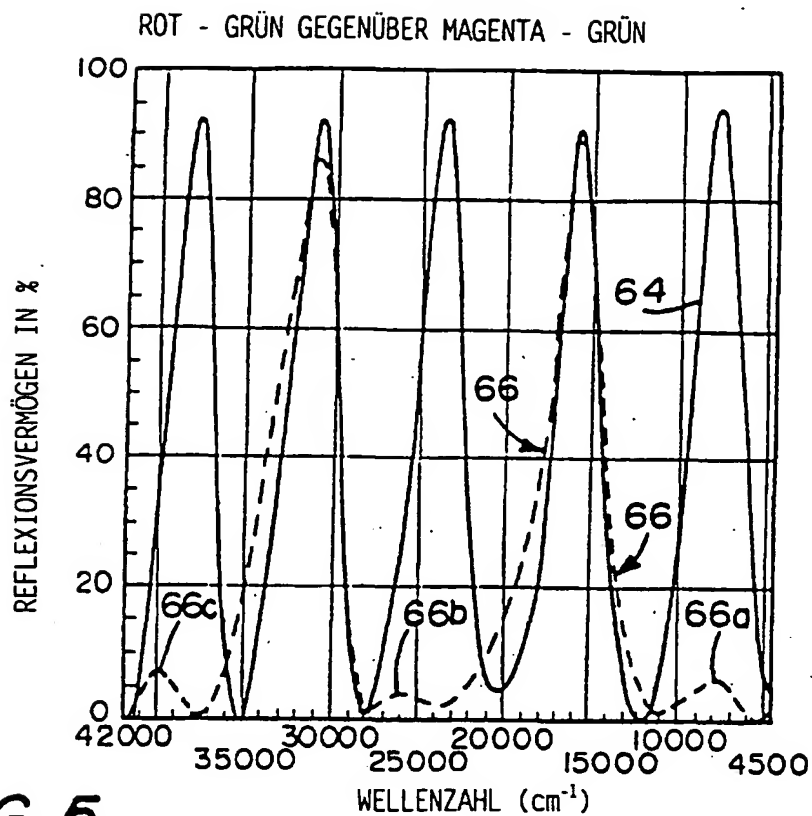


FIG. 5

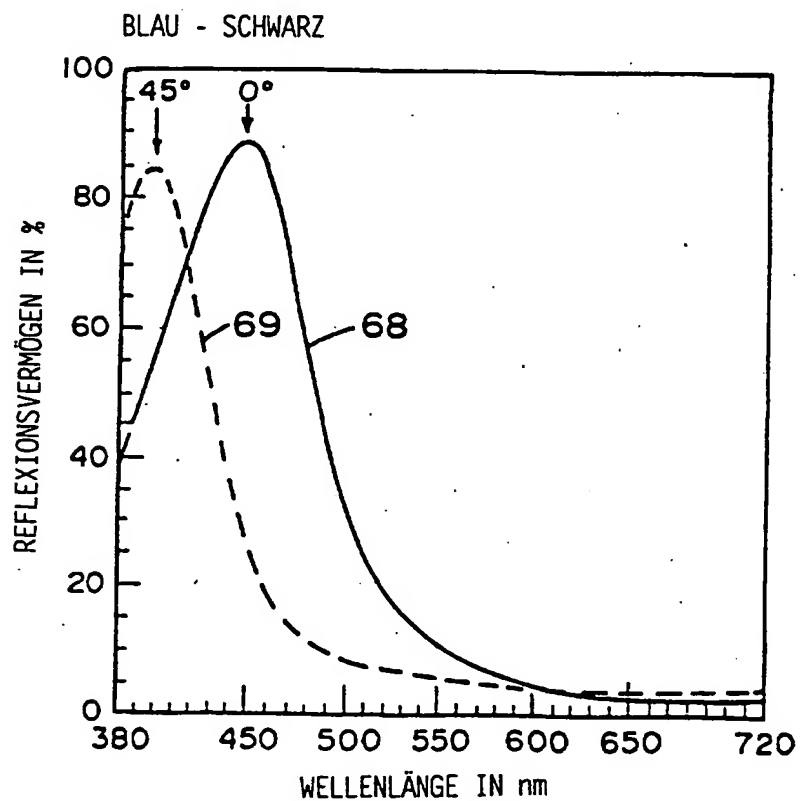


FIG. 6

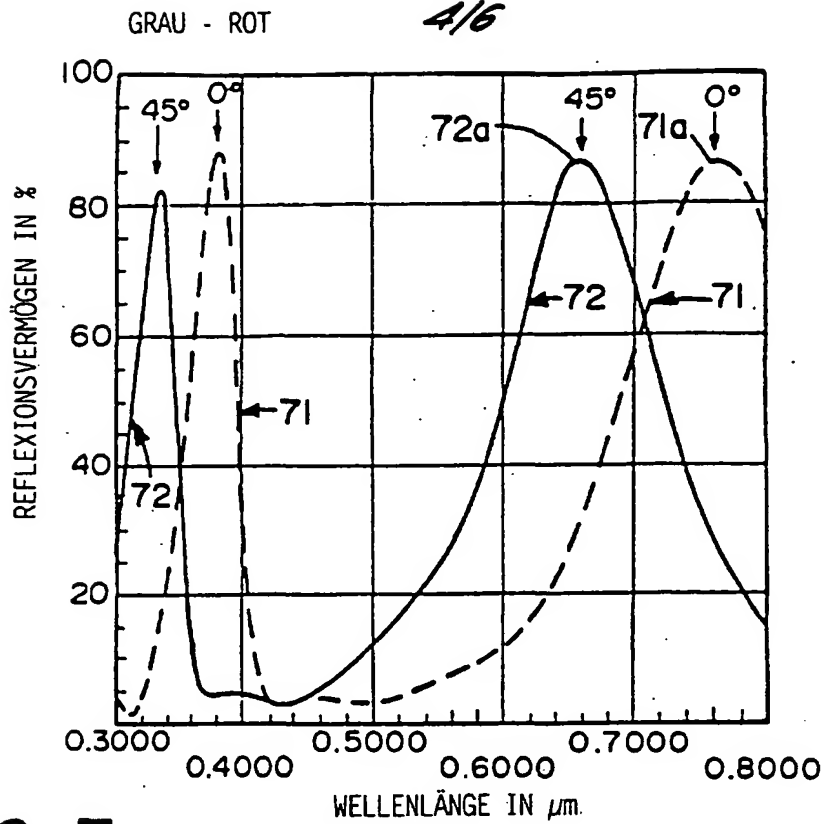


FIG. 7

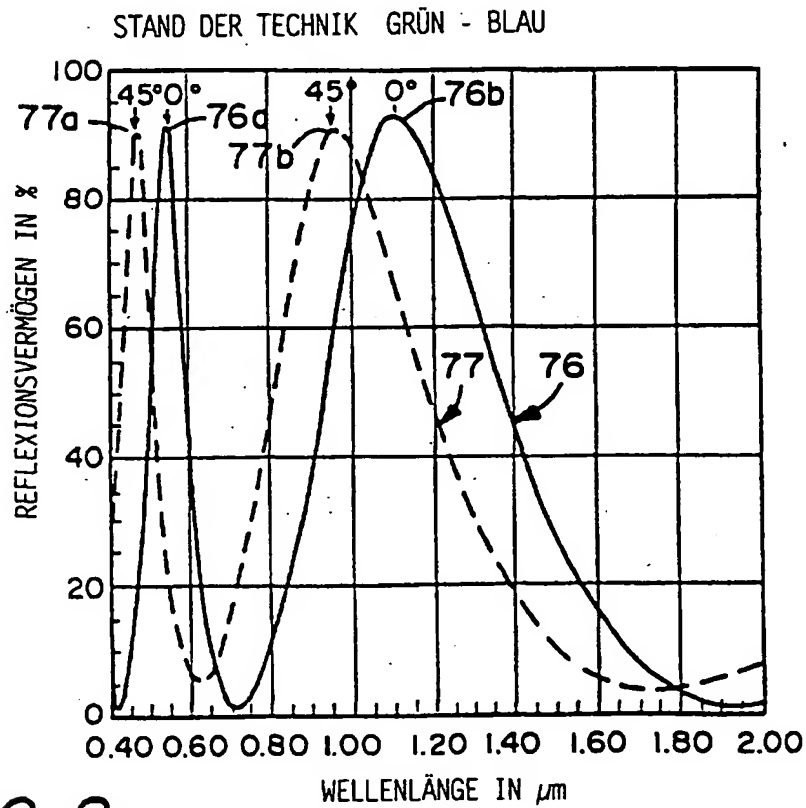


FIG. 8

5/6

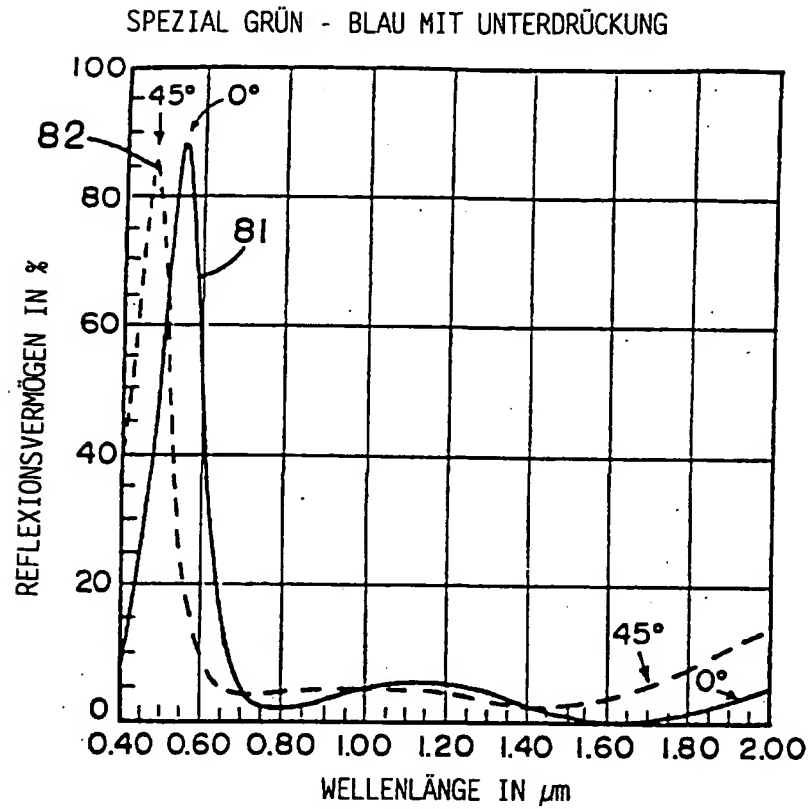


FIG. 9

6/6

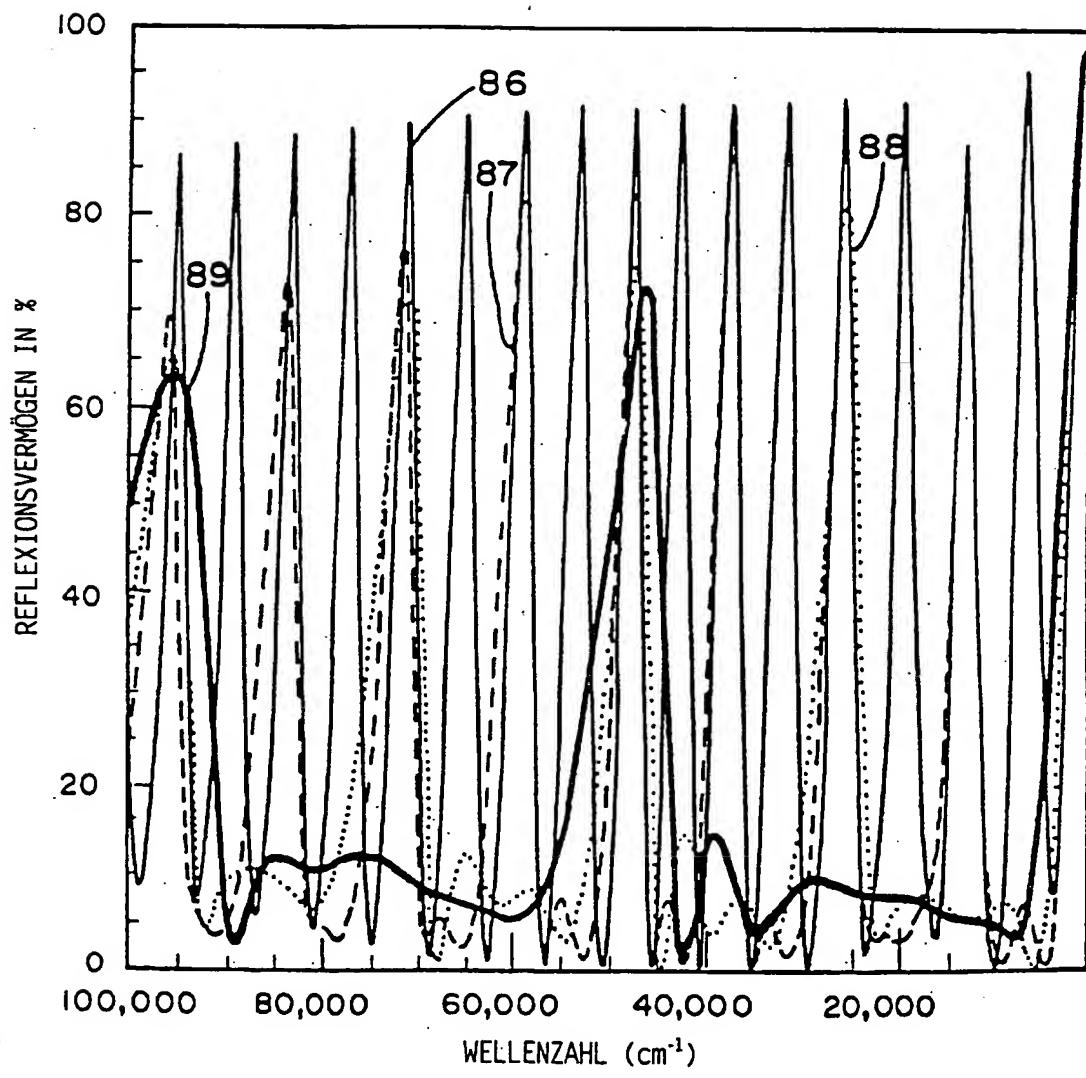


FIG. 10